



TITLE:

開放系でのオストワルド成長(パターン形成、運動と統計,研究会報告)

AUTHOR(S):

中原, 明生; 川勝, 年洋; 川崎, 恭治

CITATION:

中原, 明生 ...[et al]. 開放系でのオストワルド成長(パターン形成、運動と統計,研究会報告). 物性研究 1991, 57(3): 419-420

ISSUE DATE:

1991-12-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/94836>

RIGHT:

開放系でのオストワルド成長

九大理 中原明生、川勝年洋、川崎恭治

一次相転移における相分離は、準安定状態からの核形成とその後の液滴（析出核）の成長によって進行する。特に、その後期過程では、液滴の界面エネルギーが駆動力となって小さな液滴が消滅していき、大きな液滴のみが成長する。この現象はオストワルド成長と呼ばれている。

空間的に一様とみなせる系でのオストワルド成長は、Lifshitz と Slyozov¹ 及び Wagner² (LSW) によって調べられている。彼らの理論によると、時間を t としたとき、過飽和度 $\sigma(t)$ や液滴の総数 $n(t)$ などの物理量が、 $\sigma(t) \sim t^{-1/3}$ 及び $n(t) \sim t^{-1}$ などのスケーリングに従うこと、また、半径 r の液滴の粒径分布 $f(r, t)$ が、普遍的なスケーリング関数 $F^{\text{LSW}}(z)$ を用いて、 $f(r, t) \sim t^{-4/3} F^{\text{LSW}}(r/t^{1/3})$ で表されることがわかっている。しかし、空間的に不均一な場合についても、そのようなスケーリングが成立するかは自明でない。

筆者達は、その内部では一様とみなせるセルが、拡散によって相互に結合しているとしたモデルを扱い、実際にセルの数が2の場合について、スケーリング仮説に基づく解析と数値解析を行い以下のことを導いた。³

- i) それぞれのセル内の過飽和度 $\sigma_i(t)$ ($i = a, b$ はセルを表す) は、セル間ですみやかに一様になり、LSW と同様のスケーリング $\sigma_i(t) \sim t^{-1/3}$ に従う。
- ii) 全系で析出成分の総量（液滴の総体積と過飽和溶液に溶解している溶質の総和）が保存するので、少なくとも一方のセル（このセルを a とする）では、長時間の極限でその内部の総量が有限の値に収束し、したがって、セル a 内の物理量は漸近的に LSW と同様のスケーリング、すなわち、 $n_a(t) \sim t^{-1}$ 及び $f_a(r, t) \sim t^{-4/3} F^{\text{LSW}}(r/t^{1/3})$ に従う。
- iii) セル b 内の内容物がセル a へと流れだし、その結果、長時間の極限でセル b 内の析出成分の総量が0へと収束する場合には（このときのセル b を流出系と呼ぶ）、過飽和度以外の物理量は LSW とは全く異なった流出系独自のスケーリングに従う。例えば、液滴の

総数 $n_b(t)$ と粒径分布 $f_b(r, t)$ は、 $n_b(t) \sim t^{-(1+x_b)}$ 及び $f_b(r, t) \sim t^{-(\frac{1}{3}+x_b)} F^{x_b}(r/t^{1/3})$ に従う。ここで、 x_b はセル b 内の析出成分の流出の程度を表す正のパラメーターであり、流出系でのスケーリング関数 $F^x(z)$ は、パラメーター x の値に応じてその関数形を変化させる（下図参照）。もちろん、 $x_b \rightarrow 0$ の極限で、流出系のスケーリングは LSW のスケーリングに一致する。

- iv) 各セルにおけるパラメーター x_i の値は、初期の粒径分布に強く依存する。例えば、初期時刻 t_0 の大きな液滴の粒径分布が正の定数 m と s_i をもちいて

$$f_i(r, t_0) \sim \exp \left[- \left(\frac{r}{s_i} \right)^m \right] ; \quad r \rightarrow \infty$$

で与えられるとする。この場合、 x_i の値は、 $s_a = s_b$ のとき $x_a = 0$ 及び $x_b = 0$ 、また $s_a > s_b$ のとき $x_a = 0$ 及び $x_b = (s_b/s_a)^{-m} - 1 > 0$ となる。

参考文献

- 1) I.M.Lifshitz and V.V.Slyozov, J.Phys.Chem.Solids 19, 35 (1961).
- 2) C.Wagner, Z.Elektrochem. 65, 581 (1961).
- 3) A.Nakahara, T.Kawakatsu, and K.Kawasaki, J.Chem.Phys. (in press).

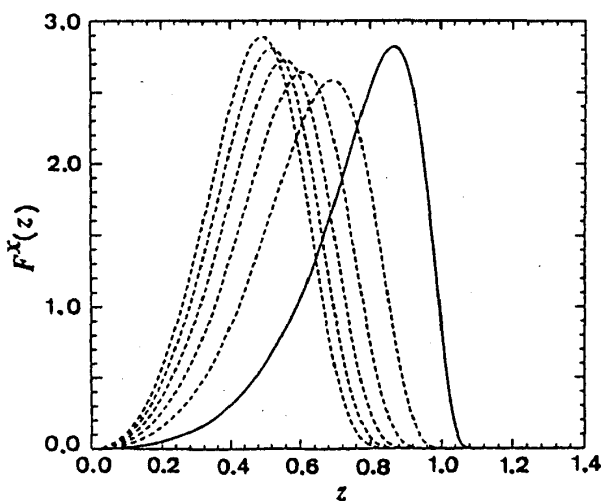


図. 流出系のスケーリング関数 $F^x(z)$ 。

図中のパラメーター x は右側より、 $x=0$ (実線) 及び $x=2, 4, 6, 8, 10$ (点線) の値をとる。 $F^0(z)$ は LSW のスケーリング関数 $F^{LSW}(z)$ と一致している。